

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Kimia

Kimia merupakan salah satu bagian dari sains yang mempelajari secara khusus materi, sifat, perubahan, dan energi yang menyertai perubahannya untuk menjawab keingintahuan tentang susunan, sifat dan perubahan zat serta energi yang mengikuti perubahannya (Budimansyah, 2003: 1). Kimia adalah ilmu yang mempelajari materi dan perubahannya. Unsur dan senyawa adalah zat-zat yang terlibat dalam perubahan kimia (Chang, 2005: 6).

2. Pembelajaran Kimia

Belajar diartikan dengan berusaha memperoleh kepandaian atau ilmu, berubah tingkah laku atau tanggapan yang disebabkan oleh pengalaman. Sedangkan pembelajaran diartikan dengan proses, cara, perbuatan menjadikan orang atau makhluk hidup belajar (Indonesia, 2008: 23). Undang-undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional menjelaskan bahwa “Pembelajaran adalah proses interaksi peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar di suatu lingkungan belajar”.

Menurut Mulyasa (2006:132) dalam Suyanti, (2010, 17-18), kimia adalah ilmu yang mencari jawaban atas apa, mengapa, dan bagaimana gejala-gejala alam yang berkaitan dengan komposisi, struktur dan sifat, perubahan, dinamika, dan energenetika zat. Tujuan pelajaran kimia yaitu membekali peserta didik pengetahuan, pemahaman, dan sejumlah

kemampuan yang dipersyaratkan untuk memasuki jenjang pendidikan yang lebih tinggi serta mengembangkan ilmu dan teknologi. Pembelajaran kimia menekankan pada pengalaman belajar secara langsung melalui pengembangan dan keterampilan proses dan sikap ilmiah dalam mempelajarinya.

Mata pelajaran kimia merupakan bagian dari sains, sehingga karakteristik pembelajaran sains harus pula merupakan bagian dari pembelajaran kimia. Sains pada hakikatnya berkaitan dengan cara mencari tahu dan memahami tentang alam secara sistematis, sehingga sains bukan hanya penguasaan tentang kumpulan pengetahuan yang berupa fakta-fakta, konsep-konsep, prinsip-prinsip saja tetapi juga merupakan proses penemuan (Budimansyah, 2003: 1).

3. *Green Chemistry*

Menurut Kenneth dan Jame (2004), *green chemistry* adalah suatu metode baru untuk mengurangi bahaya bahan kimia, di samping memproduksi produk dengan cara yang lebih efisien dan lebih hemat. Menurut Anastas dan Tracy C (1996), *green chemistry* adalah penggunaan teknik dan metode secara kimia untuk mengurangi atau mengeliminasi penggunaan bahan dasar, produk, produk samping, pelarut, dan pereaksi, yang berbahaya bagi kesehatan manusia masalah lingkungan. Sedangkan Menurut Rashmi Sanghi (2003), *green chemistry* merupakan bagian yang esensial dalam program yang komprehensif untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan. Secara umum *green chemistry* berhubungan

dengan hal-hal untuk meminimalkan buangan pada sumbernya, pemakaian katalisator dalam reaksi, penggunaan pereaksi (*reagents*) yang tidak berbahaya, penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui, peningkatan efisiensi ekonomi, pelarut yang ramah lingkungan serta dapat didaur ulang (Nurbaity, 2011: 14).

Anastas & Warner mengusulkan 12 prinsip *green chemistry* yang perlu dipertimbangkan, yaitu:

- a. *Prevention*: lebih baik menghindari timbulnya limbah daripada mengolah atau membersihkan limbah setelah limbah terbentuk. Pencegahan terbentuknya bahan buangan beracun akan lebih baik dari pada menangani atau membersihkan bahan buangan tersebut. Kemampuan ahli kimia mendesain ulang transformasi kimia untuk meminimalkan limbah berbahaya merupakan langkah pertama yang penting dalam pencegahan polusi.
- b. *Atom Economy*: metode sintesis harus didesain untuk memaksimalkan penggabungan semua bahan yang digunakan dalam proses menjadi produk akhir. Pengekonomisan atom dalam merancang metode sintesis menyatakan bahwa yang terbaik adalah menggunakan semua atom dalam sebuah proses. Pemilihan transformasi yang menggabungkan sebagian besar bahan-bahan utama ke dalam produk akan lebih efisien dan meminimalisasikan limbah.

- c. *Less Hazardous Chemical Syntheses*: Sintesis bahan kimia yang tidak atau kurang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungannya. Metode sintesis haruslah didesain untuk menggunakan dan menghasilkan senyawa yang memiliki sedikit atau tidak memiliki toksisitas sama sekali pada kesehatan manusia dan lingkungan.. Tujuannya adalah untuk mengurangi bahaya dari bahan kimia yang digunakan untuk membuat suatu produk. Sekarang ini ditemukan reagen dan bahan kimia yang tidak berbahaya dapat digunakan dalam proses untuk membuat suatu produk. Beberapa bahan kimia beracun diganti dengan bahan kimia yang lebih aman untuk mendukung adanya teknologi hijau. Misalnya, dalam pembuatan bahan kemasan *polystyrene foam sheet*, *chlorofluorocarbon* yang berkontribusi terhadap penurunan O₃ dan pemanasan global, kini telah digantikan oleh CO₂.
- d. *Designing Safer Chemicals*: produk kimia haruslah didesain untuk memiliki efek fungsi yang diinginkan selain meminimalkan toksisitas. Perancangan produk bahan kimia yang lebih aman, meskipun sifat racunnya dikurangi namun tetap berfungsi secara efektif. Semua orang menginginkan suatu produk yang aman. Prinsip ini bertujuan untuk merancang produk yang aman dan tidak beracun.
- e. *Safer Solvents and Auxiliaries*: penggunaan senyawa pelengkap (misalnya pelarut, agen pemisah, dan lain-lain) haruslah diminimalkan. Penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang lebih aman dan tidak berbahaya. Banyak reaksi kimia yang dilakukan dalam pelarut.

Pelarut organik banyak digunakan sehingga menimbulkan bahaya dan sangat beracun. Sebagian besar pelarut banyak digunakan pada sintesis. Pelarut yang banyak digunakan dalam sintesis yang beracun dan mudah menguap adalah alkohol, benzena (dikenal karsinogenik), CCl_4 (karbon tetraklorida), CHCl_3 (kloroform), perkloroetilena, dan CH_2Cl_2 . Pemurnian juga memanfaatkan pelarut dalam jumlah yang besar (misalnya, kromatografi) yang menimbulkan polusi dan dapat menjadi sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Perkembangan *green chemistry* mengubah fungsi pelarut. Sebuah pelarut ramah lingkungan yang ideal harus alami, tidak beracun, murah, dan tersedia. Prinsip ini berfokus pada penciptaan produk yang sedemikian rupa agar menggunakan pelarut yang tidak berbahaya. Dalam hal ini jelas bahwa air adalah pelarut yang paling murah dan ramah lingkungan.

f. *Design for Energy Efficiency*: rancangan untuk efisiensi energi. Kebutuhan energi dalam suatu proses kimia haruslah diminimalkan. Jika mungkin, metode sintesis haruslah dilakukan pada temperatur dan tekanan ruang. Fokus energi saat ini adalah energi yang dapat diperbaharui dan konservasi energi. Metode tradisional yang digunakan untuk menghasilkan energi berkontribusi pada masalah lingkungan global seperti pemanasan global. Prinsip ini berfokus pada penciptaan produk dan material-material efisien yang mengurangi polusi dan biaya.

- g. *Use of Renewable Feedstocks*: bahan baku haruslah terbarukan/*renewable*. Penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui. 90-95% dari produk yang saat ini digunakan dalam kehidupan kita sehari-hari terbuat dari minyak bumi. Minyak bumi digunakan untuk transportasi dan energi, namun juga dalam pembuatan suatu produk. Prinsip ini bertujuan untuk mengubah ketergantungan pada minyak bumi dan membuat produk-produk dari bahan yang dapat diperbaharui. Biodiesel merupakan salah satu contoh bahan bakar alternatif yang dapat digunakan untuk bahan bakar alat transportasi. Contoh lain adalah bioplastik. Poliasamlaktat (PLA) adalah salah satu plastik yang dibuat dari bahan baku yang dapat diperbaharui seperti jagung dan limbah kentang. Benzena yang digunakan dalam sintesis komersial asam adipat yang diperlukan dalam pembuatan nilon, *placticizers* dan pelumas, telah digantikan oleh glukosa yang dapat diperbaharui dan tidak beracun dan reaksi dilakukan di dalam air.
- h. *Reduce Derivatives*: senyawa derivate (penggunaan gugus *blocking*, modifikasi sementara dalam proses fisik maupun kimia) yang tidak perlu haruslah diminimalkan atau dihindari karena membutuhkan lebih banyak bahan kimia yang dapat menghasilkan limbah. Pengurangan turunan (*derivatives*) yang tidak penting.
- i. *Catalysis*: katalis yang selektif diutamakan untuk bahan kimia stoikiometrik. Penggunaan katalis untuk meningkatkan selektifitas dan meminimalkan energi. Katalis digunakan dalam suatu proses bahan

kimia untuk mengurangi kebutuhan energi dan membuat reaksi menjadi lebih efisien. Manfaat lain dari menggunakan katalis yaitu umumnya katalis mempunyai jumlah efek yang sedikit. Katalis yang ramah lingkungan yaitu memiliki toksisitas rendah dalam suatu proses bahan kimia. Reaksi biokatalisis akan menguntungkan karena reaksi tersebut terjadi dalam media berair.

- j. *Design for Degradation*: produk kimia harus didesain sedemikian sehingga pada akhir fungsinya dapat diuraikan dan tidak bertahan di lingkungan. Perancangan produk-produk kimia yang dapat terdegradasi menjadi produk yang tidak berbahaya.
- k. *Real-time analysis for Pollution Prevention*: analisis serentak untuk mencegah polusi. Metode-metode analitik perlu dikembangkan lebih lanjut agar tepat dalam memantau proses dan mengontrolnya sebelum terbentuk senyawa berbahaya. Pencegahan polusi akan lebih baik daripada pengendalian pencemaran. Pencegahan polusi dalam menggunakan bahan-bahan, proses atau praktik-praktik yang mengurangi atau menghilangkan polusi atau limbah-limbah pada sumbernya
- l. *Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention*: senyawa yang digunakan dalam proses kimia harus dipilih agar meminimalkan potensi kecelakaan kimia yang meliputi ledakan, kebakaran, dan paparan. Bahan kimia yang digunakan dalam proses kimia dipilih yang lebih aman untuk mencegah kecelakaan. Prinsip ini berfokus pada keselamatan para pekerja dan masyarakat sekitar kawasan industri.

Produk yang terbaik adalah dengan cara menghindari bahan kimia yang sangat reaktif yang memiliki potensi mengakibatkan kecelakaan (Saptorini dkk, 2015: 67) dan (Ravichandran, 2011: 130-132).

4. Laboratorium Kimia

Laboratorium adalah tempat untuk melakukan kegiatan praktikum, penelitian, serta sebagai sarana penunjang kegiatan pembelajaran. Laboratorium didesain berdasarkan keperluannya. Laboratorium untuk penelitian akan berbeda dengan laboratorium untuk pembelajaran. Kriteria laboratorium yang ideal dilihat dari desain yang baik meliputi bentuk, ukuran, dan tata ruang. Contoh penerapannya adalah laboratorium pembelajaran akan mempunyai ruang yang lebih luas daripada laboratorium penelitian dikarenakan laboratorium pembelajaran didesain untuk proses belajar mengajar, praktikum, dan kegiatan lain yang mendukung proses pembelajaran (Hamdany dkk, 2008: 1).

Laboratorium adalah tempat melakukan berbagai percobaan atau penelitian. Dalam melakukan percobaan maka akan digunakan peralatan dan bahan kimia yang belum dipahami atau belum dikenal sama sekali. Bahan kimia tersebut dapat menimbulkan keracunan, kebakaran, ledakan atau bahaya lainnya. Kecelakaan di laboratorium dapat terjadi karena tiga faktor yaitu manusia, bahan kimia, atau peralatan. Untuk meminimalisir hal tersebut maka perlu dilakukan perencanaan matang dan pemahaman akan hal yang dilakukan (Ibrahim & Sitorus, 2013: 103).

Terdapat beberapa macam laboratorium. Laboratorium untuk sekolah berbeda dengan perguruan tinggi. Laboratorium sekolah dibuat dengan tujuan untuk menunjang proses pembelajaran dan disesuaikan dengan mata pelajarannya misalnya laboratorium biologi, fisika, dan kimia. Laboratorium untuk perguruan tinggi mempunyai jenis yang lebih beragam dan lebih spesifik. Salah satu contohnya adalah cabang ilmu biologi mempunyai beberapa laboratorium seperti laboratorium genetika, fisiologi, anatomi, dan lain-lain. Cabang ilmu kimia dan fisika juga mempunyai berbagai macam jenis laboratorium (Wirjosoemarto dkk, 2000: 9).

B. Kajian Penelitian yang Relevan

1. Pendekatan *Green Chemistry* suatu Inovasi dalam Pembelajaran Kimia Berwawasan Lingkungan, oleh Nurbaity dalam Jurnal Riset Pendidikan Kimia Vol. 1. No. 1 (2011). Artikel ini menyimpulkan bahwa pembelajaran kimia pada kegiatan praktikum di laboratorium dapat diaplikasikan dengan prinsip *green chemistry* untuk mencegah atau mengurangi bahaya polusi akibat bahan kimia beracun dan berbahaya dengan mengurangi atau mengganti bahan-bahan kimia yang berbahaya. Pendekatan *green chemistry* bukanlah tujuan yang absolut tetapi mempunyai dedikasi terhadap proses pembangunan yang berkelanjutan, dengan lingkungan yang dipertimbangkan sejalan dengan kimia. Inovasi kegiatan laboratorium dari tradisional ke *green chemistry* mungkin hanya memiliki efek yang minim pada lingkungan sekitar namun akan didapatkan efek yang lebih besar

secara nasional bila mahasiswa/peserta didik terjun ke karier profesional. Kesamaan jurnal ini dengan penelitian yang akan diteliti adalah aspek *green chemistry* sedangkan perbedaannya terletak pada jenis penelitian, subjek maupun objek penelitian.

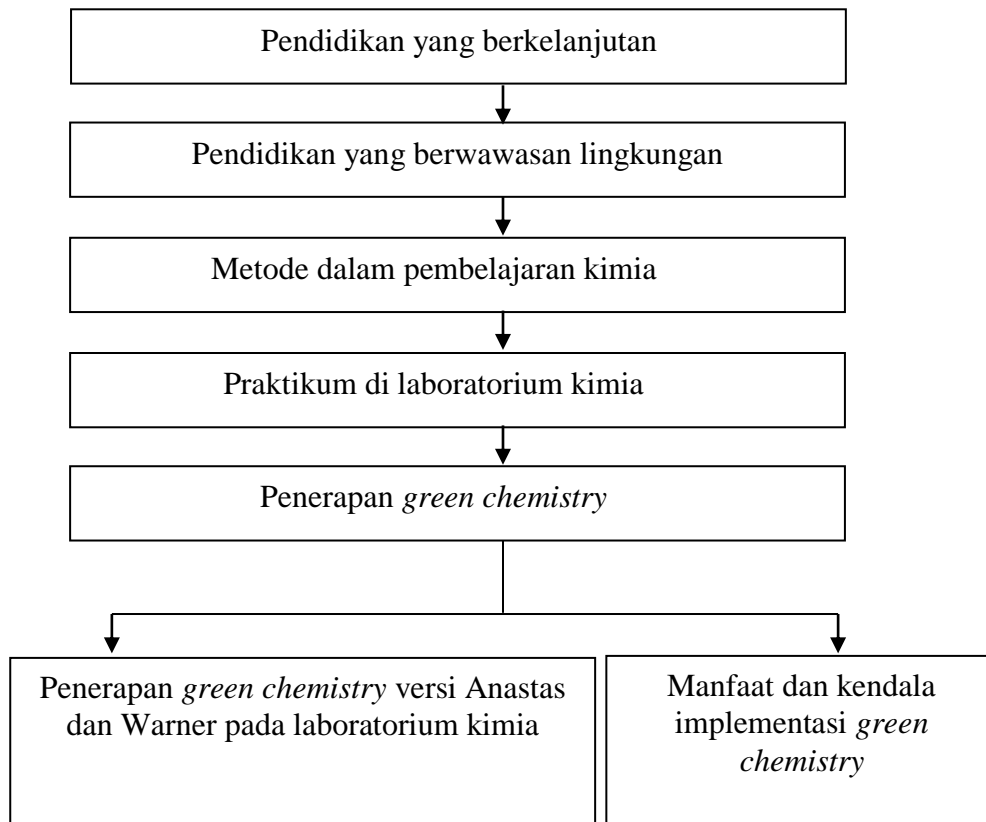
2. *Green Chemistry* dalam Desain Pembelajaran *Project Based Learning* berbasis Karakter di Madrasah Aliyah Se-Kabupaten Demak, oleh Saptorini, Widodo, A.T., Susatyo, E.B. pada Jurnal Rekayasa Vol. 12 No. 1, Juli (2014). Metode yang digunakan adalah seminar dan lokakarya yang dilanjutkan umpan balik peserta. Peserta dibagi menjadi kelompok kecil untuk menyusun RPP kimia dengan model PBL-*green chemistry*- beserta produk proyek yang sesuai dengan topik yang dipilih. Hasilnya diberikan umpan balik dan penilaian dari tim pelaksana. Penjaringan pendapat dan respon peserta melalui angket. Kegiatan tersebut mampu meningkatkan kemampuan guru untuk mendesain pembelajaran kimia dengan model PBL berbasis karakter terintegrasi *green chemistry* yang ditandai dengan hasil desain berupa RPP dengan kategori baik sebesar 66,7%. Kegiatan tersebut dapat menumbuhkan komitmen untuk berkreasi dan berinovasi untuk kemajuan pendidikan nasional di Indonesia. Persamaan jurnal ini dengan penelitian yang akan diteliti adalah aspek *green chemistry* sedangkan perbedaannya terletak pada jenis penelitian, subjek maupun objek penelitian

3. Pengembangan Buku Petunjuk Praktikum Kimia Berbasis *Green Chemistry* untuk SMA/MA Kelas X, oleh Mita Sulistia (2016). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengembangkan buku petunjuk praktikum kimia berbasis *green chemistry* untuk SMA/MA kelas X. Penelitian ini menggunakan model pengembangan 4D dengan menggunakan 3 tahap pertama dalam 4D. Hasil penelitian ini secara keseluruhan mendapatkan kriteria Sangat Baik (SB) berdasarkan review para ahli dan respon yang diperoleh dari peserta didik adalah Sangat Baik (SB). Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan adalah tema *green chemistry* sedangkan perbedaannya terletak pada jenis dan metode penelitian.
4. Pengembangan Buku Petunjuk Praktikum Kimia Berbasis *Green Chemistry* untuk SMA/MA Kelas XII oleh Hemarita Rayuni Nurgita (2016). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengembangkan buku petunjuk praktikum kimia berbasis *green chemistry* untuk SMA/MA kelas XII. Penelitian tersebut dilakukan dengan model pengembangan 4D yang dilakukan sampai tahap D-3. Hasil pengembangan buku petunjuk praktikum kimia berbasis *green chemistry* untuk kelas XII secara keseluruhan mendapatkan kriteria Sangat Baik (SB) berdasarkan review para ahli dan mendapatkan respon Sangat Baik (SB) dari peserta didik. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan adalah konsep *green chemistry* sedangkan perbedaannya terletak pada jenis dan metode penelitian.

C. Kerangka Berpikir

Pendidikan untuk pembangunan yang berkelanjutan (*Education for Sustainable Development/ESD*) harus berlandaskan pada kelestarian lingkungan sebagai tempat berlangsungnya makhluk hidup. Penerapan ESD dalam pembelajaran kimia, salah satunya dengan mencegah adanya limbah yang berbahaya, baik untuk makhluk hidup maupun lingkungan. Adanya limbah hasil proses kimia dalam skala pendidikan adalah limbah dari kegiatan praktikum pada laboratorium. Limbah ini seringkali mengalami kesulitan dalam pengolahannya sehingga hal yang dapat dilakukan adalah melakukan pencegahan terbentuknya limbah yang berbahaya daripada mengolah limbah tersebut. Hal ini selaras dengan adanya prinsip *green chemistry* yang berupaya untuk mengurangi atau mencegah adanya limbah dari proses kimia yang dapat menimbulkan masalah lingkungan. *Green chemistry* merupakan salah satu langkah nyata dalam pembelajaran kimia untuk mewujudkan pendidikan yang berkelanjutan. Implementasi *green chemistry* dapat dilakukan dalam laboratorium sehingga peneliti tertarik untuk melihat implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia yang ada di SMK-SMTI Yogyakarta. Alasan pemilihan SMK-SMTI Yogyakarta sebagai objek penelitian karena sekolah tersebut memiliki kompetensi keahlian kimia industri dan kimia analisis sehingga laboratorium yang menggunakan bahan-bahan kimia tidak hanya satu. Peserta didik di sekolah tersebut sering melakukan praktikum di laboratorium yang telah tersedia untuk mengasah keterampilan psikomotorik sehingga ketika lulus mampu bersaing di dunia kerja.

Gambar 2.1. Bagan Alur Kerangka Berpikir



D. Pertanyaan Peneliti

1. Bagaimana implementasi *green chemistry* versi Anastas dan Warner pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta?
2. Apa saja manfaat dan kendala dalam implementasi *green chemistry* di laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta?

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian lapangan (*field research*) yaitu peneliti berangkat ke lapangan untuk mengamati suatu fenomena dalam keadaan alamiah dengan bukti adanya catatan lapangan yang dibuat oleh peneliti (Moleong, 2012: 26). Jenis penelitian yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan data yang bersifat deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Penelitian ini mengenai implementasi *green chemistry* serta manfaat dan kendala dalam implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta.

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SMK-SMTI Yogyakarta beralamatkan di Jalan Kusumanegara Nomor 3 Yogyakarta. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia yaitu Laboratorium Kimia Analisis, Laboratorium Proses Industri Kimia, dan Laboratorium Kimia Dasar. Hal ini dikarenakan ketika pengambilan data berlangsung laboratorium kimia yang beroperasi adalah Laboratorium Kimia Dasar, Laboratorium Proses Industri Kimia, Laboratorium Analisis Instrumentasi 1 dan 2, dan Laboratorium Kimia Analisis. Pemilihan laboratorium juga dilihat berdasarkan kompetensi keahlian yang ada di sekolah tersebut. Laboratorium Kimia Analisis mewakili peserta didik jurusan Kimia Analisis, Laboratorium Proses Industri Kimia mewakili peserta didik jurusan Kimia Industri, sedangkan Laboratorium Kimia Dasar merupakan laboratorium

yang digunakan oleh peserta didik jurusan Kimia Analisis maupun Kimia Industri. Waktu penelitian dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2017/2018 pada bulan April – Mei 2018. Penelitian dihentikan ketika data/informasi sudah jenuh atau tidak ditemukan data/informasi baru sehingga penelitian dianggap cukup untuk penarikan simpulan.

C. Subjek dan Objek Penelitian

Teknik pengampilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *purposive sampling*. *Purposive sampling* adalah teknik pengambilan sampel sumber data dengan pertimbangan yang akan memudahkan dalam memperoleh informasi yang dibutuhkan (Sugiono, 2008: 300). *Purposive sampling* yang dilakukan dengan melihat sumber informasi yang tersedia yaitu laboratorium yang beroperasi pada waktu penelitian dilakukan dan kemampuan peneliti dalam mengambil data. Hal ini dikarenakan kurikulum yang digunakan merupakan kurikulum dengan sistem blok, sehingga setiap harinya tidak semua laboratorium kimia beroperasi.

Informasi/data yang dibutuhkan dalam penelitian ini mengenai implementasi *green chemistry* serta manfaat dan kendala dalam implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta. Subjek penelitian adalah kepala laboratorium, pendidik mata pelajaran praktikum kimia, dan peserta didik SMK-SMTI Yogyakarta. Subjek penelitian mengikuti pemilihan laboratorium yang dipilih oleh peneliti sehingga subjek untuk pendidik yaitu pendidik praktikum larutan standar dan volumetri, pendidik

praktikum proses industri kimia, dan pendidik praktikum kimia dasar. Subjek peserta didik juga mengikuti laboratorium yang dipilih yaitu XI Kimia Analisis B dalam pelajaran praktikum larutan standar dan volumetri di laboratorium kimia analisis, XI Kimia Industri D dalam pelajaran praktikum proses industri kimia di laboratorium proses industri kimia, dan X Kimia Industri B dalam pelajaran praktikum kimia dasar di laboratorium kimia dasar.

Objek penelitian ini adalah implementasi konsep *green chemistry* serta manfaat dan kendala dalam implementasi *green chemistry* di laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta. Implementasi konsep *green chemistry* terdiri dari implementasi konsep pencegahan, penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya, perancangan untuk efisiensi energi, penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui, penggunaan katalis, dan pemilihan bahan kimia yang aman dalam proses kimia untuk mencegah kecelakaan. Hal ini didasarkan pada kemungkinan-kemungkinan implementasi *green chemistry* yang dapat dilakukan pada jenjang sekolah menengah. Konsep *green chemistry* yang dipilih juga mewakili profil lulusan SMK-SMTI Yogyakarta. Lulusan jurusan Kimia Analisis diharapkan dapat menjadi seorang analis atau *quality control* dalam industri dengan proses kimia. Lulusan jurusan Kimia Industri diharapkan dapat menjadi seorang operator dalam industri kimia sehingga konsep *green chemistry* yang diteliti bukan pada tahap sintesis bahan kimia. Objek selanjutnya yang diteliti yaitu manfaat yang diperoleh dan kendala yang dihadapi dalam implementasi *green chemistry* di laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta melalui wawancara terhadap subjek penelitian.

D. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

1. Teknik Pengumpulan Data

a. Observasi

Observasi yang dilakukan adalah observasi terstruktur partisipatif yaitu pengamatan yang didasarkan atas pengalaman langsung dengan peranan peneliti secara terbuka diketahui oleh umum (Moleong, 2012: 177). Observasi ditekankan terhadap implementasi *green chemistry* dalam praktikum dan laboratorium kimia dengan peserta didik sebagai subjek observasi. Observasi dilakukan di laboratorium kimia.

b. Wawancara

Wawancara yang akan dilakukan merupakan wawancara langsung tanpa perantara. Bentuk pertanyaan yang digunakan adalah bentuk campuran untuk mendapatkan jawaban yang sesuai dengan poin yang terkandung dalam pertanyaan tidak menutup kemungkinan akan diperoleh informasi penting di luar pertanyaan tersebut. Wawancara dilakukan kepada sumber data/narasumber, yakni pendidik mata pelajaran praktikum kimia, kepala laboratorium, dan peserta didik SMK-SMTI Yogyakarta.

c. Angket (Kuisisioner)

Kuesioner yang diajukan merupakan pernyataan implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia meliputi pencegahan limbah, penggunaan bahan-bahan yang aman, prosedur kerja atau metode praktikum yang aman, kedisiplinan dalam praktikum, meminimalisir

energi, produk yang aman, dan penerapan prosedur K3. Kuisisioner ditujukan untuk peserta didik. Hal ini didasarkan pertimbangan karena peserta didik merupakan subjek sekaligus komponen yang terlibat dalam proses pembelajaran kimia, sehingga diharapkan subjek tersebut dapat memberikan informasi yang sesuai.

2. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen penelitian adalah alat atau perangkat yang digunakan untuk memperoleh data atau informasi dalam suatu penelitian. Instrumen merupakan komponen kunci dalam suatu penelitian, karena mutu instrumen yang digunakan akan menentukan mutu data yang diperoleh dalam penelitian. Beberapa instrumen penelitian yang diharapkan dapat mengungkapkan masalah dan tujuan penelitian antara lain:

a. Lembar Observasi

Lembar observasi terdiri dari 26 pernyataan yang diadaptasi dari konsep *green chemistry* versi Anastas dan Warner dalam Nurbaity (2011: 16). Adapun pedoman instrumen observasi dapat dilihat pada Tabel 3.2.

b. Lembar Angket (Kuisisioner)

Lembar angket terdiri atas 28 item pernyataan. Pernyataan yang disajikan merupakan pernyataan positif. Adapun pedoman instrumen angket dapat dilihat pada Tabel 3.2. Kuisisioner menggunakan skala gutman dengan dua alternatif yaitu ya atau tidak dengan bobot 1 untuk ya atau 0 untuk tidak.

Jumlah skor yang diperoleh pada setiap aspek atau item kemudian dihitung besar persentasenya dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{jumlah skor indikator}}{\text{skor maksimal} \times \text{jumlah responden}} \times 100\%$$

Secara kuantitatif dapat dirumuskan sebagai berikut

$$P = \frac{Pa}{Ps} \times 100\%$$

Dengan,

P = angka persentase

Pa = jumlah skor per item

Ps = *number of cases* (skor maksimal x jumlah responden)

Hasil persentase setiap item kemudian dirata-rata setiap konsep *green chemistry*. Hasil persentase untuk masing-masing aspek atau item kemudian dapat dikategorikan sebagai berikut (Arikunto, 2007: 245).

Tabel 3.1
Kriteria Persentase Skor

| Persentase Skor | Kategori |
|--------------------------|---------------|
| $85\% \geq P \geq 100\%$ | Sangat tinggi |
| $70\% \geq P \geq 85\%$ | Tinggi |
| $55\% \geq P \geq 70\%$ | Sedang |
| $40\% \geq P \geq 55\%$ | Rendah |
| $20\% \geq P \geq 40\%$ | Sangat rendah |

c. Pedoman Wawancara

Pedoman wawancara dalam penelitian ini terdiri atas 23 pertanyaan untuk Kepala Laboratorium, 23 pertanyaan untuk pendidik kimia, dan 22 pertanyaan untuk peserta didik. Adapun kisi-kisi pedoman wawancara dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2
Kisi-kisi Penelitian

| No | Konsep <i>Green Chemistry</i> | Indikator Ketercapaian | No. Item | | | | |
|----|--|--|--------------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------|---------------|
| | | | Observasi | Angket | Wawancara | | |
| | | | | | Kepala Laboratorium | Pendidik | Peserta Didik |
| 1. | Pencegahan | Menerapkan prosedur K3 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 | 12 | 12 | 9 |
| | | Melakukan praktikum dengan hati-hati | 14 | 15 | 13 | 13 | 10 |
| | | Meminimalisir terjadinya potensi kecelakaan kerja laboratorium | 24 | 24, 25, 27 | 14, 15, | 14, 15, 16, | 11, 12, 13 |
| | | Meminimalisir terbentuknya limbah atau sampah hasil praktikum | 12, 13, 15, | 13, 14, 16 | 16, 17, 18 | 17, 18 | 14, 15, |
| | | Menggunakan serbet selama praktikum | 16 | 17 | | | |
| | | Mengurangi penggunaan tisu | 17 | 18 | | | |
| | | Pemberian informasi terkait isu-isu lingkungan | 11 | 11, 12 | 19 | 19 | 16 |
| 2. | Penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya | Menggunakan pelarut yang aman dan tidak berbahaya bagi peserta didik dan lingkungan | 18 | 19 | 20 | 20 | 17 |
| 3. | Perancangan untuk efisiensi energi | Penggunaan listrik yang disesuaikan dengan kebutuhan | 19 | 20 | 21 | 21 | 18 |
| | | Prosedur kerja yang efisien | 25 | 26 | 6 | 5 | |
| | | Prosedur kerja untuk praktikum menghabiskan biaya yang murah | 26 | 28 | 7 | 6 | 5 |
| 4. | Penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui | Penggunaan bahan dasar yang berasal dari alam | 20 | 21 | 8 | 7 | 6 |
| 5. | Penggunaan katalis | Praktikum menggunakan katalis | 21 | 22 | 10 | 9, 10 | |
| 6. | Pemilihan bahan kimia yang aman dalam proses kimia untuk mencegah kecelakaan | Praktikum menggunakan larutan yang berkonsentrasi rendah | 23 | | 11 | 11 | 8 |
| | | Bahan yang digunakan tidak berbahaya (<i>explosive, oksidator, flammable, toxic, corrosive, harmful</i>) | 22 | 23 | 9 | 8 | |

E. Keabsahan Data

Menurut Lincoln & Guba (1985) dalam Sugiyono (2008: 330 – 332), pemeriksaan keabsahan data dalam penelitian kualitatif dapat dilakukan menggunakan empat kriteria yaitu (1) kredibilitas (*credibility*), (2) keteralihan (*transferability*), (3) keterikatan (*dependability*), dan (4) kepastian (*confirmability*).

Uji keabsahan data dalam penelitian ini menggunakan kriteria kredibilitas dengan cara triangulasi. Triangulasi adalah teknik pemeriksaan keabsahan data yang memanfaatkan sesuatu yang lahir di luar data itu untuk pengecekan atau sebagai pembanding terhadap data itu. Peneliti menggunakan metode triangulasi yaitu triangulasi metode dan triangulasi sumber data untuk memeriksa keabsahan data penelitian.

1. Triangulasi Metode

Triangulasi metode merupakan metode pemeriksaan keabsahan data yang dilakukan dengan cara membandingkan informasi atau data yang diperoleh dengan cara berbeda. Dengan demikian peneliti tidak hanya menggunakan satu metode saja tetapi menggunakan beberapa metode sekaligus diantaranya observasi, wawancara, dan kuesioner.

2. Triangulasi Sumber Data

Triangulasi sumber data adalah menggali kebenaran informasi tertentu melalui berbagai metode dan sumber perolehan informasi. Keabsahan data yang dilakukan yaitu dengan membandingkan data atau informasi yang diperoleh dari satu sumber data dengan sumber data yang lain. Data atau

informasi mengenai implementasi *green chemistry* meliputi implementasi konsep *green chemistry* di laboratorium, serta manfaat dan kendala dalam implementasi *green chemistry* yang diperoleh dari sumber data atau subjek penelitian, yaitu kepala laboratorium, pendidik mata pelajaran praktikum kimia, dan peserta didik.

F. Teknik Analisis Data

Bogdan menyatakan bahwa analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan bahan-bahan, sehingga mudah dipahami, dan dapat diinformasikan kepada orang lain. Analisis data dilakukan dengan mengorganisasikan data, menjabarkannya ke dalam unit-unit, melakukan sintesa, menyusun ke dalam pola, memilih mana yang penting dan akan dipelajari, dan membuat kesimpulan yang dapat diinformasikan kepada orang lain.

Miles dan Huberman (1984) dalam Sugiyono (2008: 334), mengemukakan bahwa aktivitas dalam analisis data dilakukan secara interaktif dan berlangsung terus-menerus sampai tuntas, sehingga datanya sudah jenuh. Aktivitas tersebut yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan/verifikasi. Penelitian ini menggunakan teknik analisis data model Miles dan Huberman yang terdiri atas tiga alur kegiatan yang terjadi secara bersamaan yaitu:

1. Reduksi Data

Data yang diperoleh di lapangan jumlahnya cukup banyak sehingga perlu dicatat secara teliti dan rinci dengan mereduksi data yang diperoleh. Tujuan dari reduksi data adalah merangkum, memilih hal-hal yang pokok, menfokuskan pada hal-hal yang penting, mencari tema dan polanya, dan membuang yang tidak perlu. Temuan mengenai sesuatu yang asing, tidak dikenal, dan belum memiliki pola perlu diperhatikan dalam melakukan reduksi data sehingga data yang telah direduksi dapat memberikan gambaran yang jelas. Reduksi data yang dilakukan adalah mengambil data yang penting dan berkaitan dengan objek penelitian.

2. Penyajian Data

Data yang telah direduksi kemudian disajikan. Penyajian data dapat ditampilkan dalam bentuk uraian singkat, bagan, hubungan antar kategori, *flowchart*, dan sejenisnya. Pada umumnya penyajian data disajikan dalam bentuk uraian singkat berupa teks yang bersifat naratif yang dapat dilengkapi dengan grafik, matriks, *network* (jejaring kerja), dan *chart*. Data yang disajikan berdasarkan reduksi data. Data yang ditampilkan disesuaikan dengan tujuan penelitian yang dilakukan dan objek penelitian berdasarkan pada kisi-kisi penelitian.

3. Penarikan Kesimpulan dan Verifikasi

Kesimpulan yang diperoleh mungkin saja akan menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan, mungkin saja tidak karena data yang diperoleh tidak kuat dan mendukung rumusan masalahnya. Kesimpulan

yang diharapkan berupa temuan baru berupa deskripsi suatu objek yang sebelumnya remang-remang atau gelap setelah diteliti menjadi jelas dan dapat diinformasikan kepada orang lain. Data yang disajikan kemudian ditarik kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah. Verifikasi dilakukan dengan memberikan kesimpulan disertai dengan pembuktiannya.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Data Penelitian Implementasi *Green Chemistry* pada Laboratorium Kimia SMK-SMTI Yogyakarta yang diperoleh dapat dikategorikan menjadi dua. Data pertama yang disajikan adalah implementasi konsep *green chemistry* versi Anastas dan Warner pada laboratorium kimia. Data kedua yang disajikan berupa manfaat yang diperoleh dan kendala yang dihadapi dalam implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta. Data tersebut akan disajikan secara rinci sebagai berikut.

1. Implementasi *Green Chemistry* pada Laboratorium Kimia SMK-SMTI Yogyakarta

Data implementasi *Green Chemistry* pada Laboratorium Kimia SMK-SMTI Yogyakarta yang diperoleh meliputi implementasi konsep: a) pencegahan; b) penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya; c) perancangan untuk efisiensi energi; d) penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui; e) penggunaan katalis; dan f) pemilihan bahan kimia yang aman dalam proses kimia untuk mencegah kecelakaan. Teknik pengambilan data yang pertama disajikan berdasarkan lembar kuesioner. Kuesioner diisi pada tanggal 25-27 April 2018 dengan responden sebanyak 55 peserta didik. Data implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta yang diperoleh berdasarkan kuesioner sebagai berikut:

Tabel 4. 1
Data kuesioner implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta dari setiap aspek yang diamati pada peserta didik

| No | Aspek yang diamati | Jumlah Item Soal | Jumlah Skor | Persentase Skor Rata-rata (%) | Kategori |
|---------------|--|------------------|-------------|-------------------------------|---------------|
| 1 | Pencegahan | 21 | 1097 | 95 | Sangat Tinggi |
| 2 | Penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya | 1 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| 3 | Perancangan untuk efisiensi energi | 3 | 150 | 91 | Sangat Tinggi |
| 4 | Penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui | 1 | 43 | 78 | Tinggi |
| 5 | Penggunaan katalis | 1 | 46 | 84 | Tinggi |
| 6 | Pemilihan bahan kimia yang aman dalam proses kimia untuk mencegah kecelakaan | 1 | 33 | 60 | Sedang |
| Jumlah | | | 1424 | 85 | Tinggi |

Data kuesioner setiap konsep diamati dari indikator ketercapaian. Indikator ketercapaian pada konsep pencegahan terdiri atas tujuh indikator. Indikator pertama adalah penerapan prosedur kesehatan dan keselamatan kerja yang dinyatakan pada item nomor 1-10. Indikator kedua adalah praktikum dilakukan dengan hati-hati dinyatakan pada item nomor 15. Indikator ketiga yaitu meminimalisir terjadinya potensi kecelakaan kerja laboratorium dinyatakan pada item nomor 24, 25, dan 27. Indikator keempat adalah meminimalisir terbentuknya limbah atau sampah hasil praktikum dinyatakan pada item nomor 13, 14, dan 16. Indikator kelima adalah penggunaan serbet selama praktikum dinyatakan pada item nomor 17.

Indikator keenam adalah pengurangan penggunaan tisu dinyatakan pada item nomor 18. Indikator terakhir adalah pemberian informasi terkait isu lingkungan dinyatakan pada item nomor 11-12. Jumlah pernyataan yang mewakili konsep pencegahan sebanyak 21 item.

Aspek kedua yaitu penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya baik untuk peserta didik maupun lingkungan dinyatakan pada item nomor 19. Aspek ketiga yang diamati adalah perancangan praktikum untuk efisiensi energi diamati dari penggunaan listrik selama praktikum yang dinyatakan pada item nomor 20, prosedur kerja yang efisien dinyatakan pada item nomor 26, dan prosedur kerja untuk praktikum menghabiskan biaya yang murah dinyatakan pada item nomor 28. Aspek keempat adalah penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui yang dinyatakan pada item nomor 21. Aspek kelima yaitu penggunaan katalis yang dinyatakan pada item nomor 22. Aspek yang terakhir adalah pemilihan bahan kimia yang aman dalam proses kimia untuk mencegah kecelakaan diamati dari penggunaan bahan yang tidak bersifat *explosive*, oksidator, *flammable*, *toxic*, *corrosive*, dan *harmful* dinyatakan pada item nomor 23. Berikut ini hasil yang diamati berdasarkan lembar kuesioner implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta.

Tabel 4.2
Data kuesioner implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia

| No | Konsep <i>Green Chemistry</i> | No Item | Jumlah Skor | Persentase setiap item (%) | Kategori setiap item |
|----|--|---------|-------------|----------------------------|----------------------|
| 1 | Pencegahan | 1 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| | | 2 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| | | 4 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| | | 5 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| | | 7 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| | | 15 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| | | 13 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| | | 16 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| | | 25 | 53 | 96 | Sangat Tinggi |
| | | 17 | 53 | 96 | Sangat Tinggi |
| | | 11 | 53 | 96 | Sangat Tinggi |
| | | 12 | 53 | 96 | Sangat Tinggi |
| | | 8 | 52 | 95 | Sangat Tinggi |
| | | 27 | 52 | 95 | Sangat Tinggi |
| | | 10 | 50 | 91 | Sangat Tinggi |
| | | 24 | 50 | 91 | Sangat Tinggi |
| | | 9 | 49 | 89 | Sangat Tinggi |
| | | 3 | 48 | 87 | Sangat Tinggi |
| | | 14 | 44 | 80 | Tinggi |
| | | 6 | 31 | 56 | Sedang |
| | | 18 | 21 | 38 | Sangat Rendah |
| 2 | Penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya | 19 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| 3 | Perancangan untuk efisiensi energi | 20 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| | | 26 | 55 | 100 | Sangat Tinggi |
| | | 28 | 40 | 73 | Tinggi |
| 4 | Penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui | 21 | 43 | 78 | Tinggi |
| 5 | Penggunaan katalis | 22 | 46 | 84 | Tinggi |
| 6 | Pemilihan bahan kimia yang aman dalam proses kimia untuk mencegah kecelakaan | 23 | 33 | 60 | Sedang |

Teknik pengumpulan data selanjutnya yang digunakan yaitu observasi di laboratorium ketika praktikum berlangsung serta wawancara terhadap beberapa responden yaitu kepala laboratorium, pendidik pengampu mata pelajaran praktikum kimia, dan peserta didik. Observasi dilakukan untuk mengetahui implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia secara langsung. Pengamatan secara langsung ini dilakukan sebanyak 3 kali dengan alokasi waktu mulai dari pukul 07.30–11.30 wib di 3 laboratorium yang berbeda yaitu laboratorium kimia analisis dengan mata pelajaran larutan standar dan volumetri, laboratorium proses industri kimia dengan mata pelajaran proses industri kimia, dan laboratorium kimia dasar dengan mata pelajaran kimia dasar. Alokasi waktu yang cukup lama untuk setiap praktikum ini dikarenakan SMK-SMTI Yogyakarta menggunakan kurikulum dengan sistem blok sehingga materi dalam 1 semester ditempuh dalam 2 minggu untuk setiap kelas, khususnya untuk mata pelajaran blok praktikum. Praktikum dilaksanakan 2-4 judul dalam sehari oleh peserta didik. Data hasil observasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3
Data lembar observasi implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia
SMK-SMTI Yogyakarta

| No | Konsep <i>Green Chemistry</i> | Keterangan |
|----|--|---|
| 1 | Pencegahan | <ol style="list-style-type: none"> 1. Praktikum diawali dengan penerapan K3 terhadap peserta didik. Hal ini dapat dilihat dari penggunaan alat pelindung diri berupa jas laboratorium, masker, sepatu, kaos kaki, sarung tangan, dan lap. Serta adanya poster K3 berupa penggunaan alat, bahaya bahan kimia, dan penggunaan APD yang tepat. Laboratorium juga dilengkapi dengan APAR yang mudah dijangkau serta kotak P3K untuk penanganan jika terjadi kecelakaan. 2. Peran pendidik dalam mendampingi praktikum sangat mempengaruhi performa peserta didik ketika praktikum, pendidik selalu menyampaikan informasi terkait bahan yang berbahaya di awal praktikum. Sehingga peserta didik selalu berusaha untuk berhati-hati dalam melakukan praktikum. 3. Penggunaan serbet selalu ditekankan sebagai upaya untuk mengurangi penggunaan tisu, namun tisu tetap digunakan ketika praktikum yang bersifat kuantitatif. 4. Peserta didik mendapatkan mata pelajaran Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH) atau <i>Health Safety Environment</i>, sehingga peserta didik memperoleh informasi mengenai pentingnya K3 selama bekerja baik untuk diri sendiri, orang lain, maupun lingkungan. |
| 2 | Menggunakan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya | Pelarut yang sering digunakan adalah aquades. Beberapa pelarut dan bahan pendukung yang ditemukan yaitu asam sulfat, asam klorida, alkohol, natrium hidroksida |
| 3 | Rancangan untuk efisiensi energi | Praktikum dilakukan dengan menggunakan listrik sesuai kebutuhan. Bahan yang digunakan sesuai kebutuhan sehingga tidak dipilih bahan yang murah. |
| 4 | Penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui | Penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui terbatas pada sampel dan bahan baku. Bahan dasar yang dapat diperbaharui yang ditemukan yaitu tepung dari kerang. |
| 5 | Penggunaan katalis | Penggunaan katalis digunakan untuk judul tertentu dan porsinya hanya sedikit. |
| 6 | Pemilihan bahan kimia yang aman dalam proses kimia untuk mencegah kecelakaan | Penggunaan bahan kimia yang berbahaya diiringi dengan penerapan K3 dan prosedur yang tepat. |

Teknik pengumpulan data selanjutnya yaitu wawancara. Wawancara dilakukan terhadap 3 elemen sumber data diantaranya kepala laboratorium, pendidik pengampu mata pelajaran praktikum kimia diantaranya pendidik praktikum larutan standar dan volumetri, pendidik praktikum proses industri kimia, serta pendidik praktikum kimia dasar, dan peserta didik. Wawancara

dilakukan untuk menggali informasi lebih dalam dan mengkonfirmasi implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia. Wawancara dengan pendidik praktikum larutan standar dan volumetri dilakukan pada tanggal 24 April 2018. Sedangkan untuk peserta didik dilakukan pada tanggal 25 dan 26 April 2018. Wawancara dengan pendidik praktikum kimia dasar dilakukan pada tanggal 27 April 2018. Wawancara dengan kepala laboratorium dilakukan pada tanggal 23 Mei 2018 dan wawancara dengan pendidik praktikum proses industri kimia dilakukan pada tanggal 24 Mei 2018. Berdasarkan hasil wawancara diperoleh bahwa beberapa prinsip *green chemistry* telah diterapkan pada laboratorium kimia dengan implementasi konsep pencegahan, penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya, perancangan untuk efisiensi energi, penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui, penggunaan katalis, dan pemilihan bahan kimia yang aman dalam proses kimia untuk mencegah terjadinya kecelakaan. *Green chemistry* merupakan cara untuk menggunakan bahan kimia seefektif mungkin sehingga dapat meminimalisir terbentuknya limbah. Implementasi dilakukan pada masing-masing laboratorium terlebih pada pemilahan jenis limbah yang dihasilkan. Implementasi juga dilakukan dengan memberikan informasi terkait dampak dan bahaya dari penggunaan bahan kimia terhadap tubuh dan lingkungan sehingga peserta didik memiliki kesadaran untuk menggunakan bahan kimia sesuai kebutuhan. Hasil wawancara dapat dilihat pada lampiran 6.

2. Manfaat dan Kendala Implementasi *Green Chemistry* pada Laboratorium Kimia SMK-SMTI Yogyakarta

Peneliti menemukan beberapa manfaat dan kendala dalam implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta. Hasil ini diperoleh dari wawancara terhadap sumber data yaitu kepala laboratorium, pendidik praktikum kimia, dan peserta didik. Pendidik yang diwawancarai yaitu pendidik praktikum larutan standar dan volumetri, proses industri kimia, dan kimia dasar. Berikut akan disajikan secara rinci mengenai manfaat dan kendala implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta.

a. Manfaat Implementasi *Green Chemistry* pada Laboratorium Kimia SMK-SMTI Yogyakarta

- 1) Penanaman karakter kepada peserta didik agar terbiasa dengan *green chemistry* dan dapat menerapkannya ketika di dunia kerja
- 2) Peserta didik dan lingkungan menjadi lebih sehat.
- 3) Limbah dikelola dengan baik
- 4) Efisiensi penggunaan anggaran
- 5) Kecelakaan kerja lebih kecil

b. Kendala Implementasi *Green Chemistry* pada Laboratorium Kimia SMK-SMTI Yogyakarta

- 1) Peserta didik tidak memperhatikan penjelasan pendidik.
- 2) Pengguna laboratorium tidak menganggap *green chemistry* penting
- 3) Pengelolaan limbah yang belum beroperasi
- 4) Alternatif bahan dan prosedur *green chemistry*
- 5) Penggunaan tisu

B. Pembahasan

1. Implementasi *Green Chemistry* pada Laboratorium Kimia SMK-SMTI Yogyakarta

Green chemistry merupakan sebuah upaya untuk menjadikan kimia menjadi ramah lingkungan dan sehat baik dari segi proses, hasil, maupun sisa dari proses kimia itu sendiri. *Green chemistry* merupakan salah satu wujud pendidikan untuk pembangunan yang berkelanjutan. Implementasi *green chemistry* dapat dilakukan dalam pembelajaran kimia baik di kelas maupun di laboratorium. Implementasi konsep *green chemistry* dapat diterapkan pada jenjang sekolah menengah diantaranya dengan menerapkan konsep pencegahan, penggunaan pelarut dan bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya, perancangan untuk efisiensi energi, penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui, penggunaan katalis, dan pemilihan bahan kimia yang aman dalam proses kimia untuk mencegah kecelakaan. Berikut akan diuraikan implementasi konsep *green chemistry* versi Anastas dan Warner yang telah diamati pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta.

a. Pencegahan;

Berdasarkan Tabel 4.1, implementasi konsep pencegahan di laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta menunjukkan persentase skor rata-rata 95% dengan kategori sangat tinggi. Pernyataan-pernyataan di bawah ini memperoleh persentase skor 100% dengan kategori sangat tinggi.

Pernyataan tersebut terdiri dari delapan pernyataan. Pernyataan yang diajukan diantaranya pernyataan pendidik memberikan penjelasan tentang kesehatan dan keselamatan kerja (K3) dalam pelaksanaan praktikum, tersedianya poster tentang K3 di laboratorium, tersedianya alat pemadam kebakaran ringan (APAR) di laboratorium, penggunaan jas laboratorium yang tepat, penggunaan sepatu yang tertutup, pengambilan bahan sesuai dengan kebutuhan, himbauan pendidik kepada peserta didik dalam pengambilan bahan, serta pengambilan dan penuangan bahan secara hati-hati.

Berdasarkan hasil observasi, penjelasan mengenai K3 diberikan ketika penjelasan mengenai prosedur kerja di awal praktikum. Poster K3 dan APAR dapat dijangkau di setiap laboratorium. Poster K3 berupa *standard operation procedure* (SOP) penggunaan alat, pembacaan simbol bahaya bahan kimia, dan penggunaan alat pelindung diri yang sesuai. Pengambilan dan penuangan bahan secara hati-hati juga ditunjukkan dengan tidak adanya tumpahan bahan kimia di meja praktikan. Penggunaan jas laboratorium saat observasi menunjukkan peserta didik menggunakan jas laboratorium dengan mayoritas jas dikancingkan seluruhnya. Peserta didik menggunakan sepatu yang tertutup. Pendidik selalu mendampingi peserta didik selama praktikum sehingga peserta didik melakukan praktikum sesuai prosedur dengan hati-hati.

Pernyataan peserta didik tidak merasa takut selama praktikum, penggunaan serbet selama praktikum, pemberian informasi mengenai isu lingkungan dari pendidik, dan informasi mengenai isu lingkungan diperoleh secara mandiri. Hal ini ditunjukkan dengan perolehan persentase skor 96% dengan kategori sangat tinggi. Berdasarkan hasil observasi, serbet selalu digunakan setiap praktikum walaupun penggunaannya tidak secara individu namun penggunaannya secara berkelompok. Pendidik tidak memberikan informasi terkait isu-isu lingkungan selama observasi berlangsung.

Pernyataan mengenai penggunaan kaos kaki di atas mata kaki dan peserta didik tidak mengalami kecelakaan kerja saat praktikum diperoleh persentase skor 95% dengan kategori sangat tinggi. Berdasarkan hasil observasi penggunaan kaos kaki di atas mata kaki tidak menyeluruh, beberapa peserta didik masih menggunakan kaos kaki di bawah mata kaki karena penggunaan kaos kaki di atas mata kaki tidak diwajibkan ketika masuk laboratorium. Kecelakaan kerja di laboratorium selama observasi hanya ditemui satu kali ketika di akhir praktikum yaitu peserta didik memecahkan tabung reaksi ketika akan keluar dari laboratorium.

Pernyataan tentang pengetahuan peserta didik mengenai MSDS bahan yang akan digunakan dan praktikum dilakukan dengan serius diperoleh persentase skor 91% dengan kategori sangat tinggi. Pemberian penjelasan tentang cara membaca MSDS memperoleh persentase skor 89% dengan kategori sangat tinggi.

Berdasarkan hasil observasi pendidik tidak memberikan penjelasan mengenai MSDS bahan yang akan digunakan. Tersedianya kotak pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K) di laboratorium diperoleh persentase skor 87% dengan kategori sangat tinggi. Berdasarkan hasil observasi di beberapa laboratorium ditemukan kotak P3K dengan obat-obatan standar seperti *handyplast*, minyak kayu putih, obat merah, revanol, dan perban.

Pengambilan bahan tidak langsung dari botol reagen diperoleh persentase skor 80% dengan kategori tinggi. Berdasarkan hasil observasi menunjukkan bahwa beberapa peserta didik mengambil bahan langsung dari labu ukur dan botol reagen. Penggunaan masker selama praktikum diperoleh persentase skor 56% dengan kategori sedang. Berdasarkan hasil observasi tidak semua laboratorium mewajibkan penggunaan masker. Persentase skor terendah dinyatakan dengan peserta didik tidak menggunakan tisu selama praktikum sebesar 38% dengan kategori sangat rendah. Berdasarkan hasil observasi ditemukan penggunaan tisu baik secara individu maupun kelompok di setiap laboratorium.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pendidik mata pelajaran praktikum larutan standar dan volumetri pada tanggal 24 April 2018 di laboratorium kimia analisis, mengenai penerapan K3 beliau menuturkan:

“kalau untuk K3 ya yang pertama kan pakai alat pelindung diri ya yang jelas pakai jas lab, sarung tangan kalau memang, tapi sarung tangan memang kita belum mewajibkan untuk setiap kali praktik paling ini ketika penggunaan bahan-bahan tertentu yang memang kita rasa itu berbahaya kalau kontak langsung na itu sebelumnya nanti saya sarankan ... silahkan dipersiapkan untuk sarung tangan

gitu atau misalnya ketika pakai bahan yang uapnya korosif, ... yang bau menyengat gitu kan, besok bawa masker”

Penggunaan alat pelindung diri standar yang minimal belum ada patokan untuk diterapkan secara menyeluruh di laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta. Peserta didik diwajibkan untuk menggunakan jas laboratorium, masker, sarung tangan, serbet, dan tisu di laboratorium kimia dasar dan proses industri kimia. Laboratorium analisis instrumentasi dan kimia analisis peralatan wajib yang harus dibawa dan dikenakan adalah jas laboratorium, serbet, dan tisu. Peralatan seperti pipet, sarung tangan, masker, kaos kaki panjang belum menjadi peralatan yang wajib dibawa dan dikenakan ketika di laboratorium.

Penjelasan tentang K3 pada praktikum dilakukan setiap pembelajaran dimulai untuk mengingatkan kembali peserta didik akan pentingnya K3 di laboratorium kimia. Berdasarkan hasil wawancara dengan kepala laboratorium pada tanggal 23 Mei 2018 di ruangannya. Berdasarkan hasil wawancara dengan peserta didik mengenai penerapan K3 di laboratorium pada tanggal 25 April 2018 di laboratorium kimia analisis, praktikum dilakukan dengan memakai alat pelindung diri yang diperlukan, membaca aturan laboratorium, mengetahui bagian laboratorium, dan mengetahui sifat bahan kimia yang digunakan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan kepala laboratorium pada tanggal 23 Mei 2018, beliau menuturkan bahwa dalam memberikan

informasi K3 bagi pengelola laboratorium, baik untuk pendidik, asisten, maupun peserta didik di laboratorium, beliau menyatakan bahwa:

“... kalau secara langsung belum tapi kalau dengan melalui poster sudah ada di masing-masing lab jadi misalnya bagaimana kalau misalnya berkerja dengan asam kuat, APD apa yang digunakan misalnya seperti itu ...”

Poster-poster yang berkaitan dengan K3 akan selalu ditemui di setiap laboratorium. Peminimalisiran kecelakaan kerja menurut pendidik praktikum kimia dasar ketika wawancara pada tanggal 27 April 2018 di laboratorium kimia dasar, beliau menyatakan bahwa untuk selalu berhati-hati dalam bekerja, tidak bersendau gurau dan menerapkan prinsip 5R.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pendidik praktikum larutan standar dan volumetri pada tanggal 24 April 2018 di laboratorium kimia analisis, beliau menyatakan bahwa untuk melakukan peminimalisiran kecelakaan kerja dan terbentuknya limbah:

“Ya yang pasti kita sampaikan ke anak-anak tadi ya harus kita tekankan ulang jadi mungkin ketika dijelaskan ada yang kurang memperhatikan, nah itu jadi harus dipastikan memang semua siswa sudah memahami sifat bahaya tadi kemudian memang penggunaan alat-alat pelindung dirinya mungkin lebih ditingkatkan lagi.”

Berdasarkan penuturan kepala laboratorium dalam wawancara pada tanggal 25 Mei 2018 beliau menyatakan bahwa untuk meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja dengan:

“Memberikan informasi tentang misalnya sifat bahaya dari misalnya tidak menggunakan bahan yang sesuai dengan prosedur atau harus menggunakan analisisnya yang harus sesuai dengan prosedur.”

Potensi kecelakaan kerja dapat diminimalisir dengan penggunaan alat pelindung diri yang sesuai, memeriksa keadaan alat-alat listrik, segera membersihkan alat dan tumpahan bahan kimia menurut penuturan peserta didik dalam wawancara pada tanggal 26 April 2018. Peminimalisiran terbentuknya limbah yang berbahaya menurut penuturan pendidik praktikum kimia dasar pada wawancara tanggal 27 April 2018 dilakukan dengan limbah dinetralkan terlebih dahulu dengan dialiri air sehingga lebih aman ketika dibuang. Menurut penuturan peserta didik dalam wawancara pada tanggal 25 April 2018, limbah diminimalisir dengan perkiraan jumlah bahan yang diambil dan disesuaikan dengan prosedur kerja.

Pemberian informasi terkait dengan isu-isu lingkungan sehingga menjadikan praktikan menjadi lebih peduli terhadap lingkungan dilakukan dengan memberikan isu lingkungan yang berhubungan dengan praktikum yang akan dilakukan. Informasi tersebut juga akan diberikan dalam pelajaran HSE atau K3LH atau dalam bab pengolahan limbah pada mata pelajaran tertentu berdasarkan wawancara dengan pendidik praktikum proses industri kimia tanggal 26 Mei 2018. Berdasarkan data yang telah diuraikan maka dapat disimpulkan bahwa implementasi konsep pencegahan telah diterapkan dengan sangat baik, baik dari kepala laboratorium dan pendidik dalam mendampingi praktikum maupun

kesadaran peserta didik akan istilah mencegah lebih baik daripada mengolah limbah yang terbentuk.

- b. Penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya;

Berdasarkan Tabel 4.1, implementasi konsep penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya di laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta diperoleh persentase skor 100% dengan kategori sangat tinggi. Hasil ini berarti bahwa pelarut yang digunakan dalam praktikum aman. Pelarut yang digunakan seperti akuades, sedangkan bahan-bahan pendukung yang digunakan seperti amonia, asam sulfat, asam asetat, metanol, dan etanol dalam praktikum.

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan juga menunjukkan bahwa pelarut yang digunakan aman yaitu akuades. Penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung aman dan tidak berbahaya dibuktikan dengan adanya pelarut dan bahan pendukung yang sudah diencerkan. Adapun penggunaan bahan pendukung yang berbahaya seperti asam sulfat dan asam klorida pekat diimbangi dengan penggunaan alat pelindung diri yang sesuai standar.

Hasil wawancara juga menunjukkan adanya penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya. Berdasarkan penuturan kepala laboratorium SMK-SMTI Yogyakarta, beliau menuturkan mengenai pelarut yang digunakan di laboratorium analisis instrumentasi adalah aseton, alkohol, dan metanol dengan jumlah yang kecil.

Berdasarkan penuturan pendidik kimia dasar dalam wawancara tanggal 27 April 2018 beliau menuturkan bahwa pelarut yang digunakan hanya alkohol, akuades, asam klorida. Asam klorida yang digunakan bukan asam pekat. Pelarut alkohol dan asam klorida digunakan hanya satu dua judul. Berdasarkan hasil wawancara dengan pendidik praktikum kimia dan peserta didik juga menyatakan bahwa pelarut yang sering digunakan adalah akuades, namun beberapa pelarut yang dianggap berbahaya seperti larutan heksana, petroleum eter, formaldehid, dan asam-asam pekat diimbangi dengan penggunaan alat pelindung diri seperti sarung tangan plastik, masker khusus, dan google dan dilakukan di lemari asam. Berdasarkan uraian tersebut maka dapat disimpulkan bahwa implementasi konsep penggunaan pelarut dan bahan-bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya telah diterapkan.

c. Perancangan untuk efisiensi energi;

Berdasarkan Tabel 4.1, implementasi konsep perancangan untuk efisiensi energi di laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta diperoleh persentase skor rata-rata 91% dengan kategori sangat tinggi. Pernyataan listrik digunakan sesuai dengan kebutuhan dan praktikum dilakukan sesuai dengan prosedur diperoleh persentase skor 100% dengan kategori sangat tinggi. Berdasarkan hasil observasi penggunaan listrik disesuaikan dengan kebutuhan adapun listrik yang sering digunakan untuk *hot plate*, kipas angin, dan neraca digital.

Pernyataan mengenai praktikum menghabiskan biaya yang murah diperoleh persentase skor 73% dengan kategori tinggi. Hal ini menunjukkan beberapa peserta didik berpendapat bahwa praktikum yang dilakukan membutuhkan biaya yang tidak murah. Berdasarkan hasil observasi bahan-bahan yang digunakan bukan merupakan bahan yang murah. Berdasarkan hasil wawancara dengan kepala laboratorium penggunaan listrik disesuaikan dengan kebutuhan, untuk di laboratorium yang menggunakan instrumen penggunaannya:

“misalkan hari ini praktik HPLC berarti dari pagi sampai siang itu kan terus-terusan menggunakan alat itu, nah baru nanti hari berikutnya ganti alat yang lain. Kalau AAS juga pakainya sehari dari jam biasanya sih, pagi kan mulai preparasi jadi nanti jam 10 sampai jam 2 nah itu menggunakannya.”

Peserta didik juga menyatakan dalam menggunakan listrik di laboratorium secukupnya, jika sudah selesai praktikum maka dimatikan.

Prosedur kerja yang efisien disusun berdasarkan pada SNI yang berlaku mengenai judul praktikum yang akan dilakukan dan disesuaikan dengan kompetensi yang diinginkan. Pengadaan bahan-bahan kimia disesuaikan dengan kebutuhan berdasarkan SNI yang berlaku, seperti yang dinyatakan oleh kepala laboratorium, beliau menuturkan:

“Ya, sesuai dengan kebutuhan. Jadi kalau misalnya analisis itu yang dibutuhkan yang murni atau yang PA jadi harus beli yang PA. Karna nanti kalau teknis juga pengaruh ke hasilnya juga. Tapi ya nanti dalam pengadaannya itu nanti kita harus merencanakan jadi misalnya kita harus merekap kebutuhan dalam satu tahun atau dalam satu semester kebutuhannya apa jumlahnya berapa itu, itu juga harus diperhitungkan juga.”

Pemilihan bahan yang murah juga telah diberlakukan seperti pemilihan asam sulfat sebagai pengganti asam klorida. Jika dilihat dari harga, asam klorida lebih mahal dari asam sulfat. Implementasi konsep perancangan untuk efisiensi energi sudah diterapkan melalui penerapan prosedur kerja yang efisien dan penggunaan listrik yang sesuai dengan kebutuhan.

d. Penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui;

Berdasarkan Tabel 4.1, implementasi konsep penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui di laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta menunjukkan persentase skor 78% dengan kategori tinggi. Penggunaan bahan yang dapat diperbaharui berdasarkan hasil observasi ditemukan sebagai sampel dan bahan dasar seperti sampel air dari berbagai macam sumber di laboratorium kimia dasar dan bahan dasar berupa tepung kerang dalam pembuatan asam fosfat pada laboratorium proses industri kimia.

Berdasarkan hasil wawancara dengan sumber data, diperoleh data bahwa penggunaan bahan yang dapat diperbaharui dalam praktikum terbatas pada sampel sedangkan untuk bahan baku proporsinya tidak terlalu besar, namun ada salah satu laboratorium yaitu laboratorium proses industri kimia yang menggunakan bahan dasar yang dapat diperbaharui atau dari alam seperti penggunaan kerang sebagai bahan dasar pembuatan asam fosfat, jerami atau alang-alang sebagai bahan dasar pembuatan pulp, dan minyak jelantah sebagai bahan dasar

pembuatan biodiesel menurut hasil wawancara dengan pendidik praktikum proses industri kimia. Untuk di laboratorium kimia lainnya penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui atau dari alam belum bisa diterapkan. Penggunaan bahan dari alam hanya dapat digunakan sebagai sampel di beberapa laboratorium kimia. Sehingga implementasi konsep penggunaan bahan dasar yang dapat diperbaharui terbatas dan disesuaikan.

e. Penggunaan katalis;

Berdasarkan Tabel 4.1, implementasi konsep penggunaan katalis di laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta menunjukkan persentase skor 84% dengan kategori tinggi. Berdasarkan hasil observasi tidak ditemukan katalis. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan diperoleh data bahwa penggunaan katalis pada laboratorium kimia berkisar 5-50%. Dengan rincian, pada laboratorium kimia dasar penggunaan katalis yaitu 1 dari 17 judul atau 5,8% dan laboratorium proses industri kimia 4 dari 8 judul atau 50%. Laboratorium kimia analisis jarang menggunakan katalis sedangkan laboratorium Analisis Instrumentasi tidak menggunakan katalis. Berdasarkan data yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta telah menerapkan prinsip penggunaan katalis.

f. Pemilihan bahan kimia yang aman dalam proses kimia untuk mencegah kecelakaan;

Berdasarkan Tabel 4.1, implementasi pemilihan bahan kimia yang digunakan dalam proses kimia dipilih yang lebih aman untuk mencegah kecelakaan di laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta diperoleh persentase skor 60% dengan kategori sedang. Berdasarkan hasil observasi bahan kimia yang digunakan seperti larutan buffer, MgSO_4 , EDTA, dapar, *eriochrome*, NaOH, H_2SO_4 , MnO_2 , dan bubuk besi. Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan diperoleh data bahwa praktikum kimia yang diselenggarakan di SMK-SMTI Yogyakarta tentunya telah menggunakan bahan-bahan yang aman baik untuk peserta didik, asisten, laboran, maupun pendidik. Hal ini didukung dengan pernyataan bahwa kecelakaan yang terjadi di laboratorium frekuensi waktunya menunjukkan jarang. Kecelakaan yang terjadi seringkali pada kerusakan alat dan tidak berhubungan dengan bahan. Penggunaan bahan kimia yang berbahaya akan selalu diimbangi dengan penggunaan APD yang sesuai dengan standar dan pendampingan pendidik selama praktikum. Pendidik selalu menyampaikan tentang bahaya dari bahan yang akan digunakan, penanganannya, serta perlakuan terhadap bahan tersebut di setiap praktikum akan dimulai. Sehingga dapat disimpulkan bahwa laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta menggunakan bahan kimia yang aman.

2. Manfaat dan Kendala Implementasi *Green Chemistry* pada Laboratorium Kimia SMK-SMTI Yogyakarta

a. Manfaat Implementasi *Green Chemistry* pada Laboratorium Kimia SMK-SMTI Yogyakarta

Manfaat implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta diperoleh dari wawancara dengan kepala laboratorium, pendidik praktikum larutan standar dan volumetri, pendidik praktikum proses industri kimia, pendidik kimia dasar, dan peserta didik. Berdasarkan hasil wawancara manfaat implementasi *green chemistry* yaitu:

- 1) Penanaman karakter kepada peserta didik agar terbiasa dengan *green chemistry* dan dapat menerapkannya ketika di dunia kerja

Berdasarkan hasil wawancara dengan pendidik praktikum larutan standar dan volumetri, beliau menyatakan bahwa:

“Manfaatnya saya rasa cukup banyak ya mbak, jadi misalnya diantaranya kan kalau mulai dari pembelajaran seperti ini kan kita bisa menanamkan karakter ke siswa ya, sehingga ketika nanti benar-benar sudah terjun di dunia kerja juga sudah terbiasa dengan konsep *green chemistry* ini jadi kalau dia bekerja yaa menggunakan bahan ya secukupnya sesuai dengan prosedur yang ada, pembuangan limbahnya juga diperhatikan, kemudian upaya perlindungan untuk dirinya sendiri itu kan juga sudah terbiasa”

Implementasi *green chemistry* di laboratorium kimia akan menjadi pembiasaan bagi peserta didik. Peserta didik dapat menerapkan *green chemistry* di dunia kerja atau perguruan tinggi yang tentunya berhubungan dengan kimia setelah lulus.

2) Peserta didik dan lingkungan menjadi lebih sehat.

Pendidik praktikum proses industri menyatakan manfaat dari *green chemistry* yaitu lebih sehat baik bagi peserta didik dan lingkungan. Peserta didik lebih sehat dikarenakan dengan implementasi *green chemistry* penggunaan bahan kimia yang berbahaya dapat dikurangi sehingga paparan bahan kimia berbahaya yang terakumulasi akan lebih kecil. Pernyataan ini merupakan manfaat dari implementasi konsep penggunaan pelarut dan bahan pendukung yang aman dan tidak berbahaya serta pemilihan bahan kimia dalam proses kimia untuk mencegah kecelakaan.

3) Limbah dikelola dengan baik

Kepala laboratorium dan peserta didik menyatakan bahwa dengan implementasi *green chemistry* di laboratorium kimia maka limbah dapat dikelola dengan baik dan mudah. Implementasi *green chemistry* dengan menggunakan bahan-bahan yang dapat diperbaharui dan aman akan menjadikan limbah yang dihasilkan tidak berbahaya sehingga pengolahannya pun lebih mudah. Pernyataan ini merupakan manfaat dari implementasi konsep pencegahan dan penggunaan bahan yang aman.

4) Efisiensi penggunaan anggaran

Berdasarkan penuturan kepala laboratorium, beliau berpendapat bahwa dengan implementasi *green chemistry* di laboratorium kimia, penggunaan anggaran akan lebih efisiensi, karena bahan yang

digunakan berasal dari alam dan dapat diperbaharui sehingga mudah dicari dan lebih murah. Penggunaan listrik juga lebih efisien karena disesuaikan dengan kebutuhan. Pernyataan ini merupakan manfaat dari implementasi konsep perancangan untuk efisiensi energi.

5) Kecelakaan kerja lebih kecil

Berdasarkan penuturan peserta didik, mereka berpendapat bahwa implementasi *green chemistry* di laboratorium kimia dapat meminimalisir kecelakaan kerja karena bahan yang digunakan lebih aman dan pengguna laboratorium terbiasa untuk mencegah terjadinya kecelakaan. Implementasi dari konsep pencegahan dan pemilihan bahan kimia yang aman.

b. Kendala Implementasi *Green chemistry* pada Laboratorium Kimia SMK-SMTI Yogyakarta

Kendala implementasi *green chemistry* pada laboratorium kimia SMK-SMTI Yogyakarta diperoleh dari wawancara dengan kepala laboratorium, pendidik praktikum larutan standar dan volumetri, pendidik praktikum proses industri kimia, pendidik kimia dasar, dan peserta didik.

Berdasarkan hasil wawancara kendala implementasi *green chemistry* yaitu:

1) Peserta didik tidak memperhatikan penjelasan pendidik.

Pendidik menjelaskan prosedur kerja secara klasikal. Beberapa peserta didik terkadang tidak memperhatikan penjelasan pendidik, baik mengenai prosedur kerja, penggunaan alat, maupun penanganan

suatu bahan. Hal ini dapat menyebabkan terbentuknya limbah atau kecelakaan kerja ketika praktikum seperti yang dijelaskan oleh pendidik larutan standar dan volumetri,

“cuma kadang ada satu, dua siswa itu ketika dijelaskan tidak memperhatikan sehingga nanti ketika praktik masih salah dan kemudian mengulang dampaknya kan ya di membuang bahan itu tadi tapi saya rasa kalau dipersentasekan juga tidak terlalu signifikan dan besar.”

2) Pengguna laboratorium tidak menganggap *green chemistry* penting

Pengetahuan tentang *green chemistry* yang minim menyebabkan pengguna laboratorium awam dengan istilah ini. Sehingga implementasi *green chemistry* belum dapat menyeluruh baik untuk pendidik, laboran, maupun peserta didik. Hal ini juga dinyatakan oleh kepala laboratorium mengenai kendala yang dihadapi dalam implementasi *green chemistry* di laboratorium kimia.

“... kadang kurang kesadaran, siswa kurang sadar, terkadang instruktur maupun asisten juga kurang begitu menganggap pentingnya *green chemistry*.”

3) Pengelolaan limbah yang belum beroperasi

Limbah merupakan sisa yang tidak memiliki nilai manfaat sehingga keberadaannya akan dibuang. Pembuangan limbah ini harus melalui pengelolaan yang sesuai dengan standar. Limbah dikelola dengan baik agar tidak memberikan dampak terhadap lingkungan. Pengelolaan limbah yang belum beroperasi menjadi kendala dalam implementasi *green chemistry* karena limbah yang dibuang begitu saja akan menyebabkan lingkungan tercemar. Jika limbah ditampung

dalam waktu lama tentu akan menimbulkan bahaya bagi manusia di sekitarnya. Hal ini yang dinyatakan oleh kepala laboratorium, beliau menuturkan:

“ ... untuk tampungan-tampungan limbah itu kadang kita untuk pengelolaan limbah sendiri yang bisa langsung di buang, kayak disini ada IPAL nah sampai sekarang itu kan belum terkelola dengan baik.”

4) Alternatif bahan dan prosedur *green chemistry*

Implementasi *green chemistry* tentunya akan terkendala dengan belum adanya alternatif bahan dan prosedur untuk memenuhi tuntutan *green chemistry* itu sendiri. Hal ini yang dinyatakan oleh pendidik praktikum industri kimia bahwa alternatif bahan dan prosedur yang berbasis *green chemistry* dan kompetensi peserta didik yang diinginkan dapat tercapai belum tersedia. Ketersediaan bahan dan prosedur tersebut masih awam ditemui.

5) Penggunaan tisu

Peserta didik menyatakan bahwa kendala yang sering dihadapi adalah penggunaan tisu yang tidak dapat dihindari. Hal ini dikarenakan penggunaan kain lap yang basah akan menyebabkan kontaminasi pada hasil. Dengan demikian penggunaan tisu harus digunakan terlebih pada praktikum yang bersifat kuantitatif.